



# CONCURSO PÚBLICO

## Eletróbrás Termonuclear S.A.

# ELETRONUCLEAR

EDITAL 2

## ENGENHEIRO / MESTRE EM ENGENHARIA NUCLEAR (ÁREA DE INTERESSE: FÍSICA DE REATORES)

EMFIR40

### INSTRUÇÕES GERAIS

- Você recebeu do fiscal:
  - Um **caderno de questões** contendo 60 (sessenta) questões objetivas de múltipla escolha;
  - Um **cartão de respostas** personalizado.
- **É responsabilidade do candidato certificar-se de que o nome do cargo informado nesta capa de prova corresponde ao nome do cargo informado em seu cartão de respostas.**
- Ao ser autorizado o início da prova, verifique, no **caderno de questões** se a numeração das questões e a paginação estão corretas.
- Você dispõe de 4 (quatro) horas para fazer a Prova Objetiva. Faça-a com tranquilidade, mas **controle o seu tempo**. Este **tempo** inclui a marcação do **cartão de respostas**.
- Após o início da prova, será efetuada a coleta da impressão digital de cada candidato (Edital 02/2006 – Subitem 8.8 alínea **a**).
- **Não** será permitido ao candidato copiar seus assinalamentos feitos no **cartão de respostas**. (Edital 02/2006 – subitem 8.8 alínea **e**).
- Somente após decorrida uma hora do início da prova, o candidato poderá entregar seu **cartão de respostas** da Prova Objetiva e retirar-se da sala de prova (Edital 02/2006 – Subitem 8.8 alínea **c**).
- Somente será permitido levar seu **caderno de questões** ao final da prova, desde que permaneça em sala até este momento (Edital 02/2006 – Subitem 8.8 alínea **d**).
- Após o término de sua prova, entregue obrigatoriamente ao fiscal o **cartão de respostas** devidamente **assinado**.
- Os 3 (três) últimos candidatos de cada sala só poderão ser liberados juntos.
- Se você precisar de algum esclarecimento, solicite a presença do **responsável pelo local**.

### INSTRUÇÕES - PROVA OBJETIVA

- Verifique se os seus dados estão corretos no **cartão de respostas**. Solicite ao fiscal para efetuar as correções na Ata de Aplicação de Prova.
- Leia atentamente cada questão e assinale no **cartão de respostas** a alternativa que mais adequadamente a responde.
- O **cartão de respostas NÃO** pode ser dobrado, amassado, rasurado, manchado ou conter qualquer registro fora dos locais destinados às respostas.
- A maneira correta de assinalar a alternativa no **cartão de respostas** é cobrindo, fortemente, com caneta esferográfica azul ou preta, o espaço a ela correspondente, conforme o exemplo a seguir:



### CRONOGRAMA PREVISTO

ATIVIDADE	DATA	LOCAL
Divulgação do gabarito - Prova Objetiva (PO)	02/05/2006	www.nce.ufrj.br/concursos
Interposição de recursos contra o gabarito (RG) da PO	03 e 04/05/2006	NCE/UFRJ
Divulgação do resultado do julgamento dos recursos contra os RG da PO e o resultado final das PO	17/05/2006	www.nce.ufrj.br/concursos

Demais atividades consultar Manual do Candidato ou pelo endereço eletrônico [www.nce.ufrj.br/concursos](http://www.nce.ufrj.br/concursos)



LÍNGUA PORTUGUESA

**TEXTO – A ENERGIA E OS CICLOS INDUSTRIAIS**  
**Demétrio Magnoli e Regina Araújo**

No decorrer da história, a ampliação da capacidade produtiva das sociedades teve como contrapartida o aumento de consumo e a contínua incorporação de novas fontes de energia. Entretanto, até o século XVIII, a evolução do consumo e o aprimoramento de novas tecnologias de geração de energia foram lentos e descontínuos.

A Revolução Industrial alterou substancialmente esse panorama. Os ciclos iniciais de inovação tecnológica da economia industrial foram marcados pela incorporação de novas fontes de energia: assim, o pioneiro ciclo hidráulico foi sucedido pelo ciclo do carvão, que por sua vez cedeu lugar ao ciclo do petróleo.

Em meados do século XIX, as invenções do dínamo e do alternador abriram o caminho para a produção de eletricidade. A primeira usina de eletricidade do mundo surgiu em Londres, em 1881, e a segunda em Nova York, no mesmo ano. Ambas forneciam energia para a iluminação. Mais tarde, a eletricidade iria operar profundas transformações nos processos produtivos, com a introdução dos motores elétricos nas fábricas, e na vida cotidiana das sociedades industrializadas na qual foram incorporados dezenas de eletrodomésticos.

Nas primeiras décadas do século XX, a difusão dos motores a combustão explica a importância crescente do petróleo na estrutura energética dos países industrializados. Além de servir de combustível para automóveis, aviões e tratores, ele também é utilizado como fonte de energia nas usinas termelétricas e, ainda, é matéria-prima para muitas indústrias químicas. Desde a década de 1970, registrou-se também aumento significativo na produção e consumo de energia nuclear nos países desenvolvidos.

Nas sociedades pré-industriais, entretanto, os níveis de consumo energético se alteraram com menor intensidade, e as fontes energéticas tradicionais – em especial a lenha – ainda são predominantes. Estima-se que o consumo de energia comercial *per capita* no mundo seja de aproximadamente 1,64 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) por ano, mas esse número significa muito pouco: um norte-americano consome anualmente, em média, 8 TEPs contra apenas 0,15 consumidos por habitantes em Bangladesh e 0,36 no Nepal.

Os países da OCDE, que possuem cerca de um sexto da população mundial, são responsáveis por mais da metade do consumo energético global. Os Estados Unidos, com menos de 300 milhões de habitantes, consomem quatro vezes mais energia do que o continente africano inteiro, onde vivem cerca de 890 milhões de pessoas.

**01** – O título do texto inclui dois termos: energia / ciclos industriais. A relação que se estabelece, no texto, entre esses dois termos é:

- (A) os diferentes ciclos industriais foram progressivamente acoplados a novas tecnologias de geração de energia;
- (B) as novas fontes de energia foram progressivamente sendo substituídas em função de seu progressivo esgotamento causado pelos ciclos industriais;
- (C) os diferentes ciclos industriais foram a consequência inevitável de mudanças na vida social, como a grande profusão de eletrodomésticos;
- (D) a criação de novas fontes de energia fizeram aparecer novas necessidades no corpo social;
- (E) os ciclos industriais tornaram a evolução do consumo e o aprimoramento de novas tecnologias lentos e descontínuos.

**02** – “No decorrer da história...”; essa expressão equivale semanticamente a:

- (A) com o advento dos tempos históricos;
- (B) ao longo da história humana;
- (C) após o surgimento da História;
- (D) antes do início da História;
- (E) depois dos tempos históricos.

**03** – Ao dizer que a ampliação da capacidade produtiva das sociedades teve como contrapartida o aumento de consumo e a contínua incorporação de novas fontes de energia, o autor do texto quer dizer que os dois últimos elementos funcionam, em relação ao primeiro, como:

- (A) oposição;
- (B) comparação;
- (C) resultado;
- (D) reação;
- (E) compensação.

**04** – As alternativas abaixo apresentam adjetivos do texto; a alternativa em que os substantivos correspondentes a esses adjetivos podem ser formados com a mesma terminação é:

- (A) produtiva – contínua – novas;
- (B) lentos – descontínuos – iniciais;
- (C) pioneiro – produtivos – elétricos;
- (D) industrializadas - crescente – energética;
- (E) significativo – desenvolvidos – tradicionais.

05 – “A Revolução Industrial alterou substancialmente esse panorama”; a forma de reescrever essa mesma frase que altera o seu sentido original é:

- (A) A Revolução Industrial alterou esse panorama substancialmente;
- (B) Esse panorama foi substancialmente alterado pela Revolução Industrial;
- (C) Esse panorama, a Revolução Industrial o alterou substancialmente;
- (D) A Revolução Industrial causou a alteração substancial desse panorama;
- (E) A alteração substancial desse panorama causou a Revolução Industrial.

06 – “A Revolução Industrial alterou substancialmente esse panorama”; esse panorama a que se refere a frase é:

- (A) o da ampliação da capacidade produtiva das sociedades;
- (B) o aumento do consumo e a incorporação de novas fontes;
- (C) a evolução do consumo e o aprimoramento de novas tecnologias de geração de energia;
- (D) o ritmo lento e descontínuo da evolução do consumo e do aprimoramento de novas tecnologias de geração de energia;
- (E) a ausência de novas tecnologias de geração de energia.

07 – A alternativa em que o antecedente do pronome sublinhado NÃO está corretamente indicado é:

- (A) “assim, o pioneiro ciclo hidráulico foi sucedido pelo ciclo do carvão, que por sua vez cedeu lugar ao ciclo do petróleo” = o pioneiro ciclo hidráulico;
- (B) “com a introdução dos motores elétricos nas fábricas, e na vida cotidiana das sociedades industrializadas na qual foram incorporados dezenas de eletrodomésticos” = vida cotidiana;
- (C) “Os países da OCDE, que possuem cerca de um sexto da população mundial” = países da OCDE;
- (D) “Além de servir de combustível para automóveis, aviões e tratores, ele também é utilizado como fonte de energia” = petróleo;
- (E) “consomem quatro vezes mais energia do que o continente africano inteiro, onde vivem cerca de 890 milhões de pessoas” = continente africano.

08 – Apesar de ser um texto informativo, há certas quantidades no texto que são expressas sem precisão absoluta; assinale a EXCEÇÃO:

- (A) “onde vivem cerca de 890 milhões de pessoas”;
- (B) “o consumo de energia *per capita* seja de aproximadamente 1,64 toneladas equivalentes de petróleo”;
- (C) “que possuem cerca de um sexto da população mundial”;
- (D) “8 TEPs contra apenas 0,15 consumidos por habitante em Bangladesh e 0,36 no Nepal”;
- (E) “os Estados Unidos, com menos de 300 milhões de habitantes”.

09 – O texto se estrutura prioritariamente:

- (A) pela relação de causa e consequência;
- (B) pelo comparação entre várias épocas;
- (C) pela evolução cronológica de fatos;
- (D) pela noção de progresso e atraso;
- (E) pela oposição entre países ricos e pobres.

10 – No terceiro parágrafo do texto aparece a frase “Ambas forneciam energia para a iluminação”; pode-se inferir dessa frase que:

- (A) as usinas referidas forneciam eletricidade para toda a indústria da época;
- (B) as usinas citadas iluminavam as cidades inglesas e americanas, respectivamente;
- (C) as usinas citadas só produziam energia para iluminação;
- (D) as usinas forneciam eletricidade para as indústrias e também para a iluminação;
- (E) as usinas eram tremendamente atrasadas para a época em que surgiram.

11 – *Norte-americano* e *matéria-prima*, dois vocábulos presentes no texto, fazem corretamente como plural:

- (A) norte-americanos / matéria-primas;
- (B) norte-americanos / matérias-primas;
- (C) nortes-americanos / matérias primas;
- (D) nortes-americanos / matérias-prima;
- (E) nortes-americanos / matéria-primas.

12 – A alternativa em que o elemento sublinhado indica o agente e não o paciente do termo anterior é:

- (A) “a importância crescente do petróleo”;
- (B) “a ampliação da capacidade produtiva”;
- (C) “a contínua incorporação de nova fontes de energia”;
- (D) “o aprimoramento de novas tecnologias”;
- (E) “as invenções do dínamo e do alternador”.

13 – O penúltimo parágrafo do texto fala de “sociedades pré-industriais”; pode-se depreender do texto que essas sociedades são as que:

- (A) existiram antes da Revolução Industrial;
- (B) reagem contra a poluição energética;
- (C) se caracterizam pelo atraso industrial;
- (D) só consomem energia natural;
- (E) destroem a cobertura vegetal do planeta.

14 – “Estima-se que o consumo de energia comercial *per capita* no mundo seja de aproximadamente 1,64 toneladas equivalentes de petróleo (TEP) por ano, mas esse número significa muito pouco: um norte-americano consome anualmente, em média, 8 TEPs contra apenas 0,15 consumidos por habitantes em Bangladesh e 0,36 no Nepal”; o número citado é muito pouco porque:

- (A) há uma enorme quantidade de energia produzida e não consumida;
- (B) há países que se negam a destruir ecologicamente o meio ambiente;
- (C) poderia haver um consumo bastante menor;
- (D) alguns países têm pouco consumo de energia, se comparado ao dos EUA;
- (E) nos países industrializados o consumo é bastante grande.

15 – A expressão *per capita* na frase “o consumo de energia comercial *per capita* no mundo” significa:

- (A) por capital de cada país;
- (B) por cidade importante de cada país;
- (C) por grupo humano identificado;
- (D) por unidade monetária de cada país;
- (E) por cada indivíduo.

16 – O último parágrafo do texto tem por finalidade mostrar:

- (A) que os maiores consumidores de energia são os países menos populosos do planeta;
- (B) que há uma enorme desproporção de riqueza se observarmos a distribuição do consumo de energia no mundo;
- (C) que o continente africano é a região do planeta onde se preserva mais o ambiente natural;
- (D) que os EUA consomem injustamente a energia que deveria ser consumida por países bem mais pobres;
- (E) que os EUA são autoritários e tirânicos em relação aos países africanos.

17 – O fato de os EUA serem um país de alto consumo de energia mostra que:

- (A) os países mais ricos consomem mais energia do que a necessária;
- (B) os países mais pobres devem cobrar nas cortes internacionais o direito à energia;
- (C) há uma relação entre riqueza, industrialização e consumo de energia;
- (D) os países de grande injustiça social são os mais industrializados do globo;
- (E) os países mais pobres são os que mais utilizam as fontes naturais de energia.

18 – Ao dizer que um norte-americano consome “em média” 8 TEPs contra apenas 0,15 consumidos por habitante em Bangladesh, com a expressão “em média”, o autor do texto quer dizer que:

- (A) às vezes consomem mais, às vezes consomem menos;
- (B) sempre consomem mais que nos países pobres;
- (C) o total de energia consumida é dividido entre todos os norte-americanos;
- (D) a energia consumida é dividida matematicamente entre aqueles que a consomem;
- (E) na maior parte dos habitantes, o consumo de energia atinge o nível indicado.

19 – A alternativa em que o vocábulo sublinhado tem seu valor semântico ERRADAMENTE indicado é:

- (A) “Entretanto, até o século XVIII” = oposição;
- (B) “assim, o pioneiro ciclo hidráulico” = modo;
- (C) “surgiu em Londres” = lugar;
- (D) “em 1881” = tempo;
- (E) “Mais tarde” = tempo.

20 – “um norte-americano consome anualmente, em média, 8 TEPs contra apenas 0,15 consumidos por habitante em Bangladesh e 0,36 no Nepal”; nesse segmento do texto a presença do vocábulo sublinhado indica que:

- (A) o consumo de energia nos países citados está de acordo com seu desenvolvimento industrial;
- (B) Bangladesh e Nepal consomem menos energia que os EUA;
- (C) só nos locais citados o consumo de energia é tão baixo;
- (D) o consumo em Bangladesh é ainda inferior que ao do Nepal;
- (E) o autor considera, nesse caso, o consumo de energia bastante baixo.

LÍNGUA INGLESA

READ TEXT I AND ANSWER QUESTIONS 21 TO 24:

TEXT I

**Brazil poised to join the world's nuclear elite**

By Jack Chang  
Knight Ridder Newspapers

RIO DE JANEIRO, Brazil - While the world community scrutinizes Iran's nuclear plans, Latin America's biggest country is weeks away from taking a controversial step and firing up the region's first major uranium enrichment plant.

5 That move will make Brazil the ninth country to produce large amounts of enriched uranium, which can be used to generate nuclear energy and, when highly enriched, to make nuclear weapons.

Brazilians, who have long nurtured hopes of becoming a  
10 world superpower, are reacting with pride to the new facility in Resende, about 70 miles from Rio de Janeiro.

Other countries enriching uranium on an industrial scale are the United States, the United Kingdom, France, Germany, the Netherlands, Russia, China and Japan.

15 The plant initially will produce 60 percent of the nuclear fuel used by the country's two nuclear reactors. A third reactor is in the planning stages. The government hopes to increase production eventually to meet all of the reactors' needs and still have enough to export, Brazilian officials said.

20 Unlike Iran, Brazil is considered a good global citizen that isn't seeking nuclear weapons, although its military ran a secret program to develop a nuclear weapon as recently as the early 1990s.

Still, some U.S. observers fear Brazil's program will  
25 encourage more countries to make nuclear fuel, raising the danger of nuclear weapons proliferation.

(adapted from <http://www.realcities.com/mld/krwashington/13842944.htm>)

21 – The title points at Brazil's:

- (A) readiness;
- (B) disadvantage;
- (C) pretence;
- (D) limitation;
- (E) provocation.

22 – The US observers' attitude is one of:

- (A) encouragement;
- (B) mistrust;
- (C) praise;
- (D) rejection;
- (E) denial.

23 – As far as enriching uranium is concerned, Brazilians seem to be:

- (A) wary;
- (B) critical;
- (C) willing;
- (D) reticent;
- (E) outraged.

24 – **seeking** in "Brazil is considered a good global citizen that isn't seeking nuclear weapons, ..." (1.22) can be replaced by:

- (A) looking up;
- (B) looking after;
- (C) looking for;
- (D) looking out;
- (E) looking up to.

READ TEXT II AND ANSWER QUESTIONS 25 TO 30:

TEXT II

This article appeared in the *February 24, 2006 issue of Executive Intelligence Review*.

**A Renaissance in Nuclear Power Is Under Way Around the World**

by Marsha Freeman

On virtually every continent of the world, nations are making the determination that "the future is nuclear." In an article with that title, printed by United Press International on Feb. 13, Russian Academician and renowned physicist Yevgeny  
5 Velikhov stated; "Nuclear power engineering is capable of reassuring all those who are not certain about having sufficient energy today and tomorrow. There is no doubt it is the only source of energy that can ensure the world's steady development in the foreseeable future. Today, this fact is  
10 understood not only by physicists, but also by politicians, who have to accept it as an axiom.... Thank God, today's world compels politicians to think about the future."

The dramatic shift in international energy policy that is under way, is evident in nations that had expansive nuclear power  
15 generation programs in the past, but abandoned them, as well as those that had tried, but until now, had not been allowed to succeed, in going nuclear.

([http://www.larouchepub.com/other/2006/3308nuclear\\_revival.html](http://www.larouchepub.com/other/2006/3308nuclear_revival.html))

25 – The title implies that nuclear power is being:

- (A) reappraised;
- (B) regulated;
- (C) rebuffed;
- (D) rejected;
- (E) reduced.

26 - Velikhov's statement is:

- (A) contradictory;
- (B) startling;
- (C) uncompromising;
- (D) supportive;
- (E) misleading.

27 - The underlined word in "today's world compels politicians to think about the future." (1.12) means:

- (A) hinders;
- (B) allows;
- (C) advises;
- (D) halts;
- (E) urges.

28 - "The dramatic shift in international energy policy ..." (1.13) refers to the:

- (A) new police force being implemented;
- (B) surprising change in political attitude;
- (C) gradual acceptance of new principles;
- (D) deep concern for the world's future;
- (E) balanced sharing of energy forces.

29 - **abandoned** in "but abandoned them" (1.15) suggests that the nations mentioned gave the plans:

- (A) up;
- (B) in;
- (C) out;
- (D) away;
- (E) back.

30 - The underlined expression in "but until now" (1.16) can be replaced by:

- (A) now and then;
- (B) at last;
- (C) by then;
- (D) at least;
- (E) so far.



**ENGENHEIRO(ENGENHEIRO MESTRE EM ENGENHARIA NUCLEAR(ÁREA DE INTERESSE:FÍSICA DE REATORES))**

31 - Sendo  $B_X$ ,  $B_Y$  e  $B_\alpha$  as energias de ligação dos núcleos X e Y e da partícula  $\alpha$ , respectivamente, a energia de separação de uma partícula  $\alpha$  do núcleo X, resultando no núcleo Y, é:

- (A)  $B_X - B_Y + B_\alpha$ ;
- (B)  $B_Y - B_X - B_\alpha$ ;
- (C)  $B_\alpha + B_Y - B_X$ ;
- (D)  $B_X - B_Y - B_\alpha$ ;
- (E)  $B_\alpha + B_X - B_Y$ .

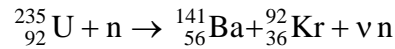
32 - As larguras para emissão de raio gama e de nêutron do primeiro estado virtual do núcleo  ${}^A_ZX$  são, respectivamente, 0,076 eV e 0,024 eV. A probabilidade relativa (em %) do núcleo  ${}^A_ZX$  decair por emissão de nêutron é:

- (A) 24;
- (B) 31;
- (C) 46;
- (D) 52;
- (E) 76.

33 - Muitos materiais refrigerantes tornam-se radioativos (com constante de decaimento  $\lambda$ ) quando passam através do núcleo do reator. Considere um líquido refrigerante que gasta  $t_1$  segundos no núcleo do reator e  $t_2$  segundos no restante do circuito. Se o refrigerante torna-se ativado à taxa de  $R$  átomos/cm<sup>3</sup>.s, quando passa pelo núcleo do reator, a atividade adicionada por cm<sup>3</sup> do refrigerante é:

- (A)  $(e^{-\lambda t_1} - 1)R$ ;
- (B)  $(1 - e^{-\lambda t_1})R$ ;
- (C)  $(e^{-\lambda(t_2-t_1)} - 1)R$ ;
- (D)  $(1 - e^{-\lambda(t_2-t_1)})R$ ;
- (E)  $(e^{-\lambda t_1} - e^{-\lambda t_2})R$ .

34 - Na reação de fissão abaixo representada, o número  $\nu$  de nêutrons gerado é:



- (A) 0;
- (B) 1;
- (C) 2;
- (D) 3;
- (E) 4.

35 - Na teoria da difusão de nêutrons a condição de simetria, em termos de correntes parciais ( $J^\pm$ ), é:

- (A)  $J^+ = J^-$ ;
- (B)  $J^+ = -J^-$ ;
- (C)  $J^+ = 2 J^-$ ;
- (D)  $J^+ = J^-/2$ ;
- (E)  $J^+ = -2 J^-$ .

36 - Considerando a cinética pontual com  $\rho$  e  $\Lambda$  representando, respectivamente, a reatividade e o tempo médio de geração de nêutrons, a densidade de nêutrons em um sistema subcrítico com uma fonte emitindo  $S_0$  nêutrons/s alcança a estabilidade no patamar dado por:

- (A)  $-(\rho/\Lambda) S_0$ ;
- (B)  $+(\Lambda/\rho) S_0$ ;
- (C)  $-(\Lambda/\rho) S_0$ ;
- (D)  $+(\rho/\Lambda) S_0$ ;
- (E)  $-(\rho/\Lambda) S_0$ .



**37** - Em um reator nuclear o fluxo angular de nêutrons é dado por:

$$\varphi(\vec{r}, \hat{\Omega}) = \frac{1}{4\pi} (1 - \cos \theta) \phi_0,$$

onde  $\theta$  é o ângulo entre  $\hat{\Omega}$  e o eixo z. O número de nêutrons que passa por uma área  $A$ , por segundo, no sentido negativo para o positivo na direção z é:

- (A)  $\frac{1}{2} A\phi_0$ ;
- (B)  $\frac{1}{3} A\phi_0$ ;
- (C)  $\frac{1}{4} A\phi_0$ ;
- (D)  $\frac{1}{8} A\phi_0$ ;
- (E)  $\frac{1}{12} A\phi_0$ .

**38** - Na geração das seções de choque de multigrupos é conservado:

- (A) a corrente de nêutrons;
- (B) o fluxo de nêutrons;
- (C) a fuga de nêutrons;
- (D) o tempo de reação;
- (E) a taxa de reação.

**39** - Um reator, carregado com 10 toneladas de combustível, operou em diferentes níveis de potência, como mostrado abaixo:

$$P(t) = \begin{cases} 2000 \text{ MW} & 0 \leq t < 90 \text{ dias} \\ 1000 \text{ MW} & 90 \text{ dias} \leq t < 150 \text{ dias} \\ 500 \text{ MW} & 150 \text{ dias} \leq t < 180 \text{ dias} \\ 2000 \text{ MW} & 180 \text{ dias} \leq t < 220 \text{ dias} \end{cases}$$

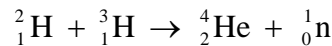
A queima de combustível (em MWD/T) ao final dos 220 dias de operação desse reator é:

- (A) 33300;
- (B) 33400;
- (C) 33500;
- (D) 33600;
- (E) 33700.

**40** - Quatro fontes pontuais e isotrópicas, emitindo cada uma  $S_0$  nêutrons/s encontram-se localizadas nos vértices de um quadrado de aresta  $a$ . Estando essas fontes em um meio infinito, homogêneo, puramente absorvedor e não multiplicativo, caracterizado por  $\Sigma_a$ , o fluxo de nêutrons no centro do quadrado é:

- (A)  $\frac{4S_0}{\pi a^4} e^{-\frac{\sqrt{2}}{2} a \Sigma_a}$ ;
- (B)  $\frac{4S_0}{\pi a^2} e^{-\frac{\sqrt{2}}{2} a \Sigma_a}$ ;
- (C)  $\frac{2S_0}{\pi a^2} e^{-\frac{\sqrt{2}}{2} a \Sigma_a}$ ;
- (D)  $\frac{2S_0}{\pi a} e^{-\frac{\sqrt{2}}{2} a \Sigma_a}$ ;
- (E)  $\frac{\sqrt{2} S_0}{\pi a} e^{-\frac{\sqrt{2}}{2} a \Sigma_a}$ .

**41** - O valor Q (em MeV) da reação de fusão mostrada abaixo, sabendo-se que as massas do nêutron e dos nuclídeos  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$  e  ${}^4_2\text{He}$  são, respectivamente, 1,008665 amu, 2,014102 amu, 3,016049 amu e 4,002604 amu, com 1 amu equivalendo a 931,502 MeV de energia, é:



- (A) 17,588;
- (B) 17,688;
- (C) 18,588;
- (D) 18,688;
- (E) 19,588.

**42** - Na equação de transporte de nêutrons unidimensional a seção de choque diferencial de espalhamento, com aproximação até  $P_1$ , é dada por:

- (A)  $\frac{1}{4\pi} (\Sigma_{s0}(x, E' \rightarrow E) - 3\mu\mu' \Sigma_{s1}(x, E' \rightarrow E))$ ;
- (B)  $\frac{1}{4\pi} (\Sigma_{s1}(x, E' \rightarrow E) + 3\mu\mu' \Sigma_{s0}(x, E' \rightarrow E))$ ;
- (C)  $\frac{1}{4\pi} (\Sigma_{s1}(x, E' \rightarrow E) - 3\mu\mu' \Sigma_{s0}(x, E' \rightarrow E))$ ;
- (D)  $\frac{1}{4\pi} (\Sigma_{s0}(x, E' \rightarrow E) + 3\mu\mu' \Sigma_{s1}(x, E' \rightarrow E))$ ;
- (E)  $\frac{1}{2\pi} (\Sigma_{s0}(x, E' \rightarrow E) + 3\mu\mu' \Sigma_{s1}(x, E' \rightarrow E))$ .

**43** - A probabilidade que um nêutron com energia  $E'$  tem de passar a ter energia  $E$ , dentro de  $dE$ , num processo de moderação através de colisões de espalhamento elástico com núcleos de  ${}^9_4\text{Be}$ , pode ser obtida da seguinte distribuição de probabilidades:

$$P(E' \rightarrow E) = \begin{cases} \frac{1}{0,36E'} & \text{para } 0,64E' \leq E \leq E' \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Então, em cada colisão de espalhamento elástico com um núcleo de  ${}^9_4\text{Be}$ , o percentual de energia que o nêutron perde em média é:

- (A) 64%;
- (B) 50%;
- (C) 36%;
- (D) 25%;
- (E) 18%.

**44** - Na faixa epitérmica de energia, em meio moderado por hidrogênio sem absorção ressonante e para energias afastadas daquelas dos nêutrons das fontes, o espectro de nêutrons assume uma forma proporcional a:

- (A)  $E^{-2}$ ;
- (B)  $E^{-1}$ ;
- (C)  $e^{-E/kT}$ ;
- (D)  $E e^{-E/kT}$ ;
- (E)  $E^2 e^{-E/kT}$ .

**45** - Na tabela abaixo estão os valores médios da seção de choque macroscópica de fissão ( $\bar{\Sigma}_{fg}$ ) e do fluxo de nêutrons ( $\bar{\Phi}_g$ ), para quatro grupos de energia, típicos de um elemento combustível de um PWR.

g	$\bar{\Sigma}_{fg}$ (cm <sup>-1</sup> )	$\bar{\Phi}_g$ (cm <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> )
1	0,003378	0,458
2	0,000485	0,585
3	0,006970	0,434
4	0,075270	0,417

Fazendo-se a colapsação para dois grupos de energia, sendo g=4 o grupo térmico, a seção de choque macroscópica do grupo rápido, é:

- (A) 0,003178 cm<sup>-1</sup>;
- (B) 0,003287 cm<sup>-1</sup>;
- (C) 0,003378 cm<sup>-1</sup>;
- (D) 0,003485 cm<sup>-1</sup>;
- (E) 0,003578 cm<sup>-1</sup>.

**46** - A razão entre o número de átomos de hidrogênio (na água) e o número de átomos de urânio (no combustível) é um parâmetro importante no projeto do núcleo de reatores PWR. Essa razão determina:

- (A) o perfil de temperatura do combustível;
- (B) o perfil de temperatura do moderador;
- (C) o espectro de nêutrons;
- (D) a extensão do intervalo de variação da pressão no circuito primário;
- (E) as dimensões do elemento combustível.

**47** - O núcleo de um PWR de projeto semelhante ao de Angra 1 contém, em geral, cerca de 200 elementos combustíveis. Tipicamente, a disposição no elemento é na forma de uma matriz 17 x 17 = 289 posições disponíveis, das quais 264 são ocupadas por varetas de combustível. Os demais espaços são ocupados por:

- (A) tubos vazados para o escoamento de água;
- (B) barras de grafite para a moderação de nêutrons;
- (C) tubos pressurizados para o controle de pressão no elemento combustível;
- (D) tubos-guia para varetas de controle com um tubo central para instrumentação;
- (E) instrumentação somente.

48 - O alcance dos produtos de fissão é um fator importante no projeto das varetas combustíveis de reatores de potência, que se traduz no revestimento da vareta, constituído em geral de uma liga, denominada zircalloy, e que possui, tipicamente, uma espessura que não ultrapassa:

- (A) 1 cm;
- (B) 1,5 cm;
- (C) 2 cm;
- (D) 5 cm;
- (E) 0,05 cm.

49 - Em decorrência da queima de combustível, são gerados produtos de fissão que absorvem nêutrons, em maior ou menor grau. Como as seções de choque de absorção diminuem rapidamente com o aumento da energia dos nêutrons, tais produtos de fissão são da maior importância em reatores:

- (A) térmicos;
- (B) rápidos;
- (C) regeneradores;
- (D) que não usam moderador gasoso;
- (E) de pesquisa.

50 - Um veneno queimável é um nuclídeo que possui uma alta seção de choque de absorção sendo convertido em um nuclídeo com uma pequena seção de choque de absorção, em decorrência da absorção de nêutrons. É exemplo de veneno queimável:

- (A) dióxido de urânio ( $\text{UO}_2$ );
- (B) gadolína ( $\text{Gd}_2\text{O}_3$ );
- (C) hexafluoreto de urânio ( $\text{UF}_6$ );
- (D) deutério ( $\text{H}_2$ );
- (E) trítio ( $\text{H}_3$ ).

51 - O custo do enriquecimento do urânio é descrito em termos de uma unidade especial denominada unidade de trabalho separativo (SWU). O trabalho separativo, por sua vez, pode ser expresso pela função  $V(x)$  denominada função valor, onde  $x$  é a fração de enriquecimento em peso. Denotando por  $M_F$ ,  $M_P$  e  $M_T$  a massa de alimentação, a de produto enriquecido e a de rejeito, respectivamente, e por  $x_F$ ,  $x_P$  e  $x_T$ , as frações de enriquecimento correspondentes, o trabalho separativo será dado por:

- (A)  $\text{SWU} = M_P V(x_P) + M_F V(x_F) + M_T V(x_T)$ ;
- (B)  $\text{SWU} = (M_P + M_T - M_F) V(x_P + x_T - x_F)$ ;
- (C)  $\text{SWU} = (M_P + M_T - M_F) / V(x_P + x_T - x_F)$ ;
- (D)  $\text{SWU} = M_P [V(x_P) - V(x_T)] - M_F [V(x_F) - V(x_T)]$ ;
- (E)  $\text{SWU} = (M_P - M_T - M_F) V(x_P - x_T - x_F)$ .

52 - As unidades de trabalho separativo (SWU) possuem unidade de massa (kg). Consideremos valores fixos do enriquecimento da massa de alimentação e da massa de rejeito (após o processo de enriquecimento). Nessas condições, a variação no trabalho separativo necessário para produzir uma dada quantidade de produto em função do enriquecimento do produto:

- (A) não varia;
- (B) cresce monotonicamente;
- (C) decresce monotonicamente;
- (D) cresce de forma oscilatória;
- (E) decresce de forma oscilatória.

53 - O perfil de temperatura do combustível para uma vareta combustível cilíndrica de raio  $a$ , condutividade térmica  $K_f$  e com uma densidade linear de potência  $q'$ , em regime estacionário é dado por:

(A)  $T(r) = T(a) + \frac{q'}{4\pi K_f} \left[ 1 - \left( \frac{r}{a} \right)^2 \right]$

(B)  $T(r) = T(a) + \frac{q'}{4\pi K_f} \left[ 1 - \left( \frac{r}{a} \right) \right]$

(C)  $T(r) = T(a) + \frac{q'}{8\pi K_f} \left[ 1 - \left( \frac{r}{a} \right)^{1/2} \right]$

(D)  $T(r) = T(a) + \frac{q'}{8\pi K_f} \left[ 1 - \left( \frac{r}{a} \right)^2 \right]$

(E)  $T(r) = T(a) + \frac{q'}{8\pi K_f} \left[ 1 - \left( \frac{r}{a} \right) \right]$

**54** - Assuma aplicável a correlação de Dittus-Boelter. A variação do coeficiente de transferência de calor pode ser então escrita em termos de um estado de referência do refrigerante, indicado pelo sub-índice 0, na forma:

Dados:  $h$  - coeficiente de transferência de calor  
 $G$  - vazão volumétrica

- (A)  $h = h_0 \left( \frac{G}{G_0} \right)^{0,8}$   
 (B)  $h = h_0 \left( \frac{G_0}{G} \right)^{0,8}$   
 (C)  $h = h_0 \left( \frac{G}{G_0} \right)^{0,4}$   
 (D)  $h = h_0 \left( \frac{G_0}{G} \right)^{0,4}$   
 (E)  $h = h_0^{0,4} \left( \frac{G}{G_0} \right)^{0,8}$

**55** - Um reator PWR deve operar com seu refrigerante primário no início da região da curva de ebulição, denominada:

- (A) escoamento monofásico;  
 (B) ebulição nucleada;  
 (C) ebulição parcial de filme;  
 (D) ebulição de filme;  
 (E) de transição.

**56** - O desvio da ebulição nucleada (DNB) ocorre em um reator PWR quando se atinge o ponto de transição entre os regimes de escoamento:

- (A) convecção monofásica - ebulição nucleada;  
 (B) ebulição nucleada - ebulição parcial de filme;  
 (C) ebulição parcial de filme - ebulição de filme;  
 (D) convecção monofásica - ebulição parcial de filme;  
 (E) ebulição nucleada - ebulição de filme.

**57** - A razão de desvio da ebulição nucleada é definida em um reator PWR pela expressão:

Dados:  $q''_{nuc}$  - fluxo de calor em uma dada localização do reator  
 $q''_{crit}$  - fluxo de calor crítico na mesma localização  
 max - valor máximo  
 min - valor mínimo

- (A)  $\frac{q''_{nuc}}{q''_{crit}}$   
 (B)  $\frac{q''_{nuc}}{(q''_{nuc})_{min}}$   
 (C)  $\frac{q''_{nuc}}{(q''_{nuc})_{max}}$   
 (D)  $\left( \frac{q''_{crit}}{q''_{nuc}} \right)$   
 (E)  $\left( \frac{q''_{nuc}}{q''_{crit} + q''_{nuc}} \right)$

**58** - Um reator estava operando em regime estacionário e no instante de tempo  $t > 0$  foi desligado. Admitindo-se um modelo de parâmetro concentrado único, a temperatura do combustível no instante  $t$  é dada por  $\bar{T}_f(t) = \bar{T}_c + [\bar{T}_f(0) - \bar{T}_c]e^{-t/\tau}$ ,

e admitindo que a temperatura do refrigerante não varie, pode-se afirmar que 50% do calor gerado no combustível será transferido ao refrigerante no tempo  $t$  igual a:

Dados:  $\bar{T}_f(t)$  - Temperatura do combustível no instante  $t$   
 $\bar{T}_f(0)$  - Temperatura do combustível no instante  $t=0$   
 $\bar{T}_c$  - Temperatura do refrigerante  
 $\tau$  - constante de tempo  
 $\ln 2 \cong 0,693$

- (A)  $\tau$   
 (B)  $0,693\tau$   
 (C)  $1,386\tau$   
 (D)  $0,75\tau$   
 (E)  $1,0395\tau$

59 - Ao modelar o combustível óxido de um reator nuclear na forma de um cilindro infinitamente longo de raio  $a$  contendo uma fonte uniforme de geração de calor, obtém-se a razão entre as tensões térmicas tangenciais e radiais dada por:

(A)  $\left[ \left( \frac{r}{a} \right)^2 - 1 \right] / \left[ \left[ 3 \left( \frac{r}{a} \right)^2 - 1 \right] \right]$

(B)  $\left[ 3 \left( \frac{r}{a} \right)^2 - 1 \right] / \left[ \left[ \left( \frac{r}{a} \right)^2 - 1 \right] \right]$

(C)  $\left[ \left( \frac{a}{r} \right)^2 - 1 \right] / \left[ \left[ 3 \left( \frac{a}{r} \right)^2 - 1 \right] \right]$

(D)  $\left[ 3 \left( \frac{a}{r} \right)^2 - 1 \right] / \left[ \left[ \left( \frac{a}{r} \right)^2 - 1 \right] \right]$

(E)  $\left[ \left( \frac{r}{a} \right)^2 - 1 \right] / \left[ \left[ 3 \left( \frac{r}{a} \right)^2 + 1 \right] \right]$

60 - Durante um acidente de perda de refrigeração (LOCA) em um reator PWR, a reação zircônio – água passa a ser importante quando a temperatura do revestimento excede:

- (A) 371<sup>o</sup>C;
- (B) 538<sup>o</sup>C;
- (C) 649<sup>o</sup>C;
- (D) 982<sup>o</sup>C;
- (E) 1204<sup>o</sup>C.



**Núcleo de Computação Eletrônica**  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Prédio do CCMN - Bloco C  
Cidade Universitária - Ilha do Fundão - RJ  
Central de Atendimento - (21) 2598-3333  
Internet: <http://www.nce.ufrj.br>